

СЕКЦИЯ 2. ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В МЕТАЛЛАХ И СПЛАВАХ ПРИ ДЕФОРМАЦИОННОМ И ТЕРМИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

УДК 669.72

В. Ю. Ягофаров*

Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток

**vyagofarov@gmail.com*,

Научный руководитель – доц., канд. техн. наук В. П. Рева

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНОХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА КАРБИДА ТИТАНА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ УГЛЕРОДА РАЗЛИЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Карбид титана, полученный в результате механохимического синтеза с использованием углеродной композиции «сажа ПМ-15 + природный графит», имеет перспективный химический состав для формирования твердых сплавов и функциональных покрытий.

Ключевые слова: механоактивация, карбид титана, механохимический синтез, природный графит, углеродная композиция.

V. Yu. Yagofarov

RESEARCH MECHANOCHEMICAL SYNTHESIS OF TITANIUM CARBIDE OBTAINED FROM CARBON OF VARIOUS ORIGINS

Titanium carbide, resulting mechanochemical synthesis using carbon composition “soot PM-15 + natural graphite” is a promising chemical compound for forming carbide and functional coatings.

Keywords: mechanical activation, titan carbide, mechanochemical synthesis, natural graphite, carbon composition.

В данной работе исследовалась возможность реализации синтеза карбида титана с использованием в качестве углеродсодержащих компонентов активированного угля и природного графита при механохимической обработке исходных компонентов на вариопланетарной мельнице, с перспективой дальнейшего применения порошка тугоплавкого соединения в технологиях литейного производства и порошковой металлургии [1; 2].

В качестве сырья применяли титан в виде порошка марки ПТЭС-2 с дисперсностью 150–200 мкм и чистотой 99,8 %. Использовался природный графит с зольностью не более 1 %, а также активированный уголь производства:

ОАО «Химико-фармацевтический завод», г. Ирбит;

ОАО «Фармстандарт–лекарства», г. Курск;

ОАО «Уралбиофарм», г. Екатеринбург;

ОАО «Медисорб», г. Пермь.

Графит и сажа ПМ-15 просушивались при температуре 150 °С в течение 3 ч, далее приготавливались углеродные композиции с содержанием графита от 5 до 90 мас. %.

Активированный уголь использовался в состоянии поставки. Механохимический синтез осуществляли на вариопланетарной мельнице *Pulverisette-4* фирмы *Fritsch* (Германия). Размалывающими телами в вариопланетарной мельнице являлись шары из твердого сплава ВК-6 диаметром 15 мм. Механореактор мельницы представлял собой герметический контейнер из коррозионностойкой стали с вставкой из твердого сплава ВК-6 с внутренним диаметром 75 мм и высотой 70 мм. Для выполнения экспериментов по механохимическому синтезу карбида титана применялся следующий режим: число оборотов главного диска – 400 мин⁻¹, число оборотов сателлитов – 800 мин⁻¹, атмосфера – воздух, интенсивность (отношение массы исходных материалов к массе размалывающих шаров) – 1:27; степень заполнения механореактора составляла 30 % от его объема. В зависимости от вида используемых углеродсодержащих компонентов длительность задержки механохимического синтеза составляла от 22,5 до 37 мин.

Фазовый состав карбида титана определяли методом рентгенофазового анализа на дифрактометре *D8 ADVANCE* (Германия) в медном К α -излучении по стандартной методике.

Распределение размера частиц, гранулометрический состав устанавливали с помощью лазерного анализатора частиц «Анализетте 22» *NanoTec/MikroTec/XT* фирмы *Fritsch* (Германия).

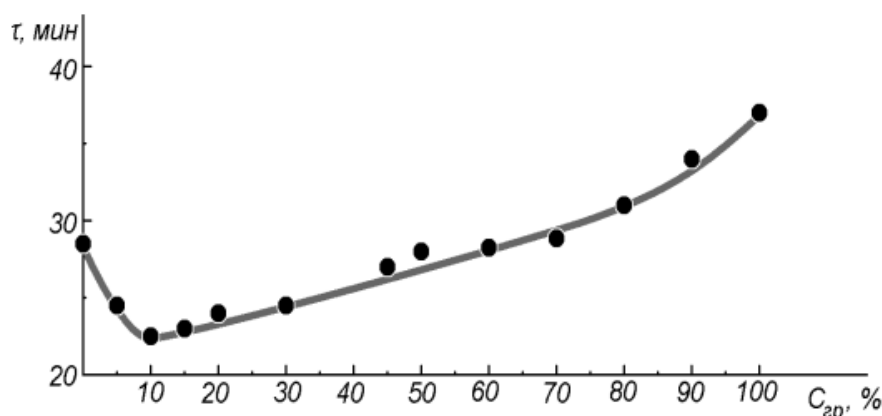
Расчет компонентов для механохимического синтеза осуществляли, исходя из стехиометрии карбида титана, равной 0,8.

В результате исследований было установлено, что механохимический синтез в системе «титан + активированный уголь» при использованных режимах механоактивации исходных компонентов на вариопланетарной мельнице и длительности обработки до 180 мин не реализован ни с одной из исследованных марок активированного угля.

Представлено влияние концентрации графита в углеродсодержащей композиции на время задержки механохимического синтеза карбида титана (рисунки ниже).

Как видно, замена до 70 мас. % сажи ПМ-15 на природный графит не оказывает влияния на увеличение времени синтеза карбида титана. Наличие в углеродсодержащей композиции от 5 до 45 мас. % природного графита способствует интенсификации механохимического процесса, причем максимальный эффект наблюдается при содержании графита

10 мас. %. При увеличении содержания графита свыше 70 мас. % последний начинает выполнять роль смазки, что приводит к снижению эффективности механоактивации исходных компонентов и, соответственно, к увеличению времени задержки механохимического синтеза карбида титана.



Влияние содержания графита в углеродсодержащей композиции на время задержки механохимического синтеза

Таким образом, добавка 10 мас. % графита к саже ПМ-15 способствует значительному снижению энергетических затрат по инициированию механохимического синтеза в системе «титан – углерод».

В результате механохимической активации порошка титана и углеродсодержащей композиции во всем диапазоне концентраций графита был синтезирован карбид титана.

Анализ синтезированных порошков, проведенный на лазерном анализаторе, показал, что размер частиц карбида титана составляет 0,5–50 мкм, причем 70 % частиц имеет размер менее 10 мкм. Представлен химический состав карбида титана, полученного механохимическим синтезом (таблица), с использованием в качестве углеродного агента композиции «сажа + графит».

Химический состав карбида титана, полученного механохимическим синтезом

Содержание химических элементов, %			Карбид титана, синтезированный с использованием углеродной композиции «сажа + графит» в соотношении, %
С своб.	Fe	S	
0,50	0,040	0,187	100%-ная сажа ПМ-15
0,51	0,052	0,055	95 + 5
0,51	0,053	0,060	90 + 10
0,57	0,055	0,070	50 + 50
0,63	0,070	0,095	100%-й графит

Увеличение концентрации графита приводит к незначительному повышению содержания свободного углерода и железа в синтезированном карбиде титана. В то же время содержание серы во всех синтезированных продуктах с участием природного графита меньше, чем в карбиде титана, полученном с использованием сажи, от 2 до 3,5 раза.

Таким образом, очевидна перспективность применения для проведения механохимического синтеза карбида титана углеродной композиции «сажа ПМ-15 + природный графит», при этом оптимальная концентрация графита для ускорения процесса составляет 10 мас. %. Карбид титана, синтезированный с использованием композиции «сажа + графит», имеет химический состав с низким содержанием серы, приемлемый для формирования твердых сплавов, карбидосталей, функциональных покрытий, а также для использования в производстве дисперсно-упрочненных сталей и сплавов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кипарисов С. С., Левинский Ю. В., Петров А. П. Карбид титана: получение, свойства, применение: монография. М. : Металлургия, 1987. С. 216.
2. Попович А. А. Механохимический синтез тугоплавких соединений: монография. Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2003. С. 201.